



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# **POHJARAKENNESUUNNITELMAT TOIMISTOTALOKOHTEESEEN**

Juho Tiitinen

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2017  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talorakennustekniikka

TIITINEN, JUHO:

Pohjarakennesuunnitelmat toimistotalokohteeseen

Opinnäytetyö 35 sivua, joista liitteitä 9 sivua  
Syyskuu 2017

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä pohjarakennesuunnitteluun ja laatia toimistotalokohteen pohjarakennesuunnitelmat urakkalaskentaa varten. Työ koostui teoriaosuudesta ja käytännön suunnitteluprojektista. Teoriaosuudessa käsiteltiin pohjarakennesuunnittelun perusteita ja lähtötietoja. Käytännön osuudessa tehtiin tarvittavat tutkimukset ja suunnitelmat esimerkkikohteen urakkalaskentaa varten.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi kohteen kattava pohjatutkimusraportti, geotekninen suunnitteluraportti, pohjatutkimuspiirustukset sekä pohjarakennuspiirustukset. Työssä käytiin myös läpi teoreettisesti suunnitteluprosessia ja sen perusteita.

Suunnitelmat tarkennetaan myöhemmin vastaamaan rakennusaikaisia tarpeita ja päivitetään senhetkisten lähtötietojen mukaisiksi.

---

Asiasanat: pohjarakennesuunnittelu, kaivanto, pohjatutkimus

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering  
Building Construction

TIITINEN, JUHO:  
Geotechnical plans of an office building

Bachelor's thesis 35 pages, appendices 9 pages  
September 2017

---

The purpose of this thesis was to become familiar with geotechnical designing and to provide geotechnical plans of a commercial building for contract calculation. This thesis consisted of a theoretical part and a practical part. The theoretical part was about the basics of geotechnical designing. The practical part was to conduct the geotechnical plans for the building project.

The outcome of this study was a report of the soil investigations and the geotechnical plans needed for contract calculation of the building project.

Later on the plans will be revised to meet the needs of the construction site and to comply with the source information of that moment.

---

Key words: geotechnical design, excavation, soil investigation

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	MÄÄRÄYKSET JA OHJEET .....	7
2.1	Määräykset.....	7
2.2	Ohjeet.....	7
3	POHJATUTKIMUKSET .....	8
3.1	Pohjatutkimukset talonrakennushankkeessa.....	8
3.2	Kohteessa käytettyjä pohjatutkimuksia.....	8
3.2.1	Kairaukset .....	8
3.2.2	Koekuopat .....	12
3.2.3	Pohjavesiputket .....	13
3.3	Pohjatutkimuksien suunnittelu ja raportointi .....	13
3.3.1	Alueen vanhat pohjatutkimukset.....	13
3.3.2	Pohjatutkimusohjelman laatiminen.....	14
3.3.3	Pohjatutkimusraportin sisältö.....	14
3.4	Pohjatutkimuspiirustukset.....	16
3.4.1	Pintavaaitus ja asemapiirros .....	16
3.4.2	Pohjatutkimusleikkaukset .....	16
4	POHJARAKENNESUUNNITTELU .....	17
4.1	Pohjarakennesuunnitelmaraportti .....	17
4.2	Kaivu-, louhinta- ja tuentasuunnitelma.....	17
4.2.1	Lähtötiedot .....	17
4.2.2	Tuenta.....	20
4.2.3	Kaivantosuunnitelman sisältö .....	22
4.3	Pintataussuunnitelma .....	24
4.4	Salaojasuunnitelma .....	24
5	POHDINTA.....	25
	LÄHTEET.....	26
	Liite 1. Pohjatutkimuskartta .....	27
	Liite 3. Pintavaaitus ja asemapiirros.....	28
	Liite 2. Pohjatutkimusleikkaus .....	29
	Liite 4. Kaivu-, louhinta- ja tuentasuunnitelma.....	30
	Liite 5. Tukiseinän pituusleikkaus.....	31
	Liite 6. Tukiseinän poikkileikkaus .....	32
	Liite 7. Rakentamisen aikaiset hulevedet .....	33
	Liite 8. Pintataussuunnitelma .....	34
	Liite 9. Salaojasuunnitelma .....	35

**LYHENTEET JA TERMIT**

RIL	Rakennusinsinöörien liitto
RYL	rakentamisen yleiset laatuvaatimukset
GL1, GL2, GL3	geotekninen luokka, vastaavat RakMK vaativuusluokkia tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa
CC1, CC2, CC3	geoteknisiä luokkia vastaavat seuraamusluokat
RC1, RC2, RC3	kuormituksia määritettäessä käytettävät luotettavuusluokat

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia monikerroksisen toimistotalorakennuksen pohjarakennesuunnitelmat urakkalaskentaa varten.

Suunniteltava kohde on Technopolis Oyj:n uusi toimistotalorakennus nimeltä Asemakeskus. Asemakeskus rakennetaan Tampereen keskustaam Tammelan kaupunginosaan entiselle ratapiha-alueelle (kuva 1). Se koostuu kolmesta 9-kerroksisesta tornista, joiden tilat vuokrataan yrityskäyttöön. Ensimmäisessä rakennusvaiheessa rakennetaan kohteen A- ja B-osat, joihin myös pohjarakennesuunnittelu rajataan.

Tässä työssä käsitellään pohjarakennesuunnitteluun liittyviä määräyksiä ja ohjeita, tarvittavia pohjatutkimuksia, sekä itse suunnittelua. Varsinaiset tarkemmat suunnitelmat sekä mitoituslaskelmat ovat erillisiä ja tässä työssä keskitytään suunnitteluprosessin selostamiseen yleisellä tasolla. Työn liitteenä on esimerkkikohteen suunnittelun tuloksina saatuja piirustuksia pienennetyssä koossa.



KUVA 1. Suunnittelukohteen tontti.

## **2 MÄÄRÄYKSET JA OHJEET**

### **2.1 Määräykset**

#### **Maankäyttö- ja rakennuslaki**

Pohjarakentamista ohjaa Suomessa Maankäyttö- ja rakennuslaki, jonka tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. (L 5.2.1999/132).

#### **Suomen rakentamismääräyskokoelma**

Ympäristöministeriö ylläpitää Maankäyttö- ja rakennuslakiin perustuvaan Suomen rakentamismääräyskokoelmaa. Siinä on pohjarakennesuunnittelua koskeva osa, jossa käsitellään mm. pohjarakenteiden suunnittelua ja toteutusta, rakennuspaikan ja sen ympäristön tutkimuksia, sekä seuraamusten vakavuutta.

### **2.2 Ohjeet**

#### **RIL 207-2017 Geotekninen suunnittelu ja RIL 263-2014 Kaivanto-ohje.**

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL tukee eurokoodien käyttöä laatimalla suunnitteluohjeita, joissa eurokoodien sisältö on esitetty käyttäjäystävällisessä ja tarvittaessa tiivistetyssä muodossa sekä täydennettynä kansallisella suunnittelukäytännöllä. (RIL 207-2017).

#### **MaaRYL 2010**

Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, RYL, on rakennusalalla yleisesti hyväksytyn hyvän rakennustavan kirjallinen kuvaus. MaaRYL 2010 koskee talonrakennuksen maatöitä.

#### **EUROKOODI 7: GEOTEKNINEN SUUNNITTELU. OSAT 1 JA 2**

Eurokoodi 7 osassa 1 määrittää geoteknisen suunnittelun perusteet ja osassa 2 pohjatutkimuksia ja koestusta. Suomen rakennusinsinöörien liiton ohjeet RIL 207-2017 ja RIL 263-2014 perustuvat eurokoodi 7:ään.

### **3 POHJATUTKIMUKSET**

#### **3.1 Pohjatutkimukset talonrakennushankkeessa**

Pohjatutkimuksilla selvitetään rakennusalueen pohjasuhteet, jotta pohjarakenteet voidaan suunnitella. Pohjatutkimuksiin voi kuulua mm. kairauksia, koekuoppia, pohjavesimittauksia, maaperän rakeisuus- ja pilaantuneisuustutkimuksia. Rakennetulla alueella on otettava myös huomioon rakennuspaikan läheisyydessä olevat muut rakennukset ja rakenteet, koska esimerkiksi kallion louhinnasta aiheutuva värinä tai maan painuminen voi vaurioittaa niitä.

Tärkeimmät kairaustutkimuksilla saatavat tiedot ovat kalliopinnan korko ja maalajikerrosten paksuudet ja sijainti. Ne vaikuttavat perustamistapaan, mutta myös esimerkiksi työnaikaisen kaivannon tukiseinän mitoittamiseen ja tyyppiin, kuten tämän työn esimerkkikohteessa.

#### **3.2 Kohteessa käytettyjä pohjatutkimuksia**

Pohjatutkimuksien valintaan vaikuttavat mm. kohteen tiedetyt pohjasuhteet, pintasuhteet sekä tulevat rakenteet. Esimerkkikohteen pohjatutkimuksien tarkoituksena oli selvittää tulevien rakennusten perustamistapa ja kaivannon tuentatapa. Rakennusten perustamistavan selvittämiseksi on tiedettävä maaperän maalajikerrokset ja kalliopinnan taso. Myös pohjavedenpinnan taso on selvitettävä, koska se vaikuttaa perustusten salaojituksen sekä kaivannon työnaikaisen kuivatuksen suunnitteluun. Pohjavettä ei myöskään saa laskea liian alhaiselle tasolle, koska se voi vaikuttaa myös ympäröiviin rakennuksiin ja rakenteisiin.

##### **3.2.1 Kairaukset**

Suurin osa kohteen kairauksista oli puristinheijarikairauksia, joita käytetään pääasiassa maalajikerrosten määrittämiseen. Tontille oli aiemmin tehty useita porakonekairauksia,



joita käytettiin kalliopinnan arviointiin, eikä uusia porakonekairauksia tarvinnut tehdä kuin muutama.

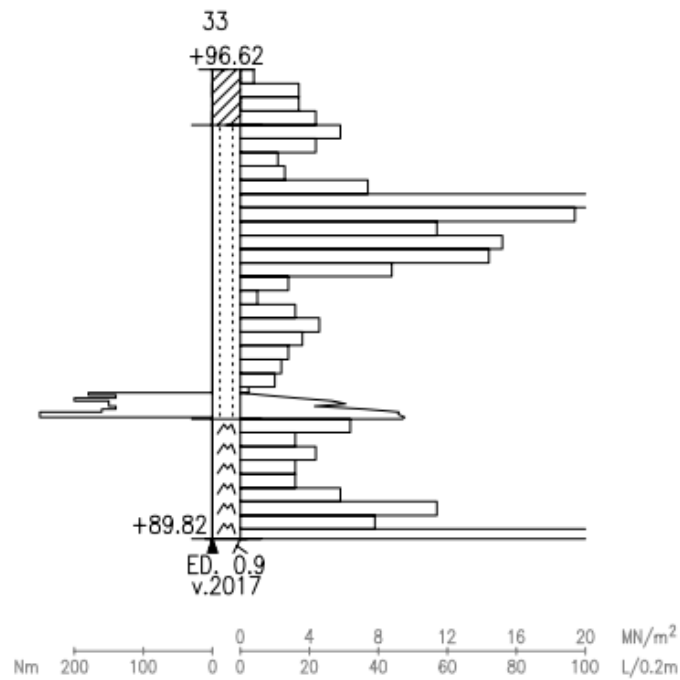
Koska kaivanto on tehtävä tuettuna, oli tukiseinän mitoitusta varten selvitettävä sen tuleva alapinnan taso. Maalaji voi myös paikoin olla määräävä tekijä tukiseinätyypin valinnassa, koska ponttiseinää ei pysty upottamaan liian kiviseen maaperään. Näistä syistä johtuen tontin itäpuolen tulevalle tukiseinälinjalle tehtiin porakonekairauksia kalliopinnan määrittämistä varten sekä puristin-heijarikairauksia maalajikerrosten määrittämistä varten.

### **Puristin-heijarikairaus**

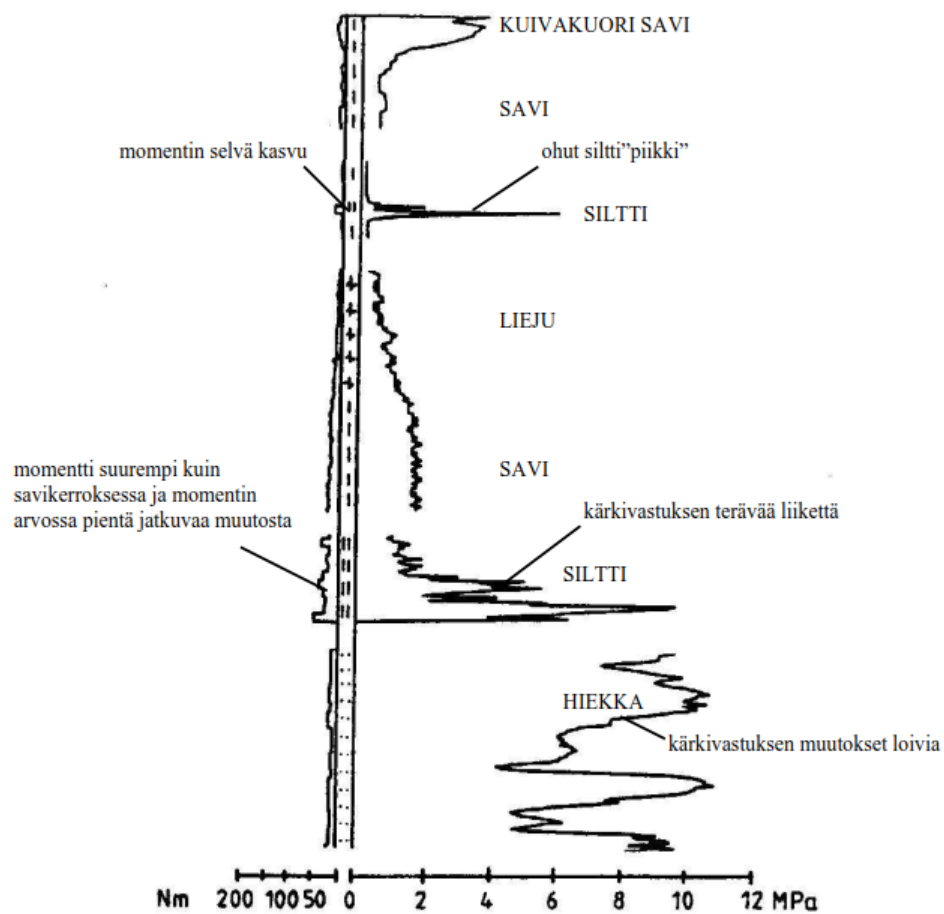
Puristin-heijarikairauksessa yhdistyy mekaaninen puristinkairaus ja vapaapudotusheijarikairaus. Puristinkairauksella saadaan hyvin tietoa pehmeistä maalajeista, mutta laitteiston puristusteho ja kairakärjen vaurioitumisherkkyys rajoittavat käyttöä tiiviissä ja karkeissa kitkamaissa. Heijarikairauksella voidaan selvittää esim. tiiviin maan raja ja lyöntipaalujen tai ponttiseinän tunkeutumissyvyys. Heijarikairauksella ei saada juurikaan tietoa pehmeistä maakerroksista. (Kairausopas VI, 61)

Kairaus aloitetaan aina puristinkairauksena. Puristinkairausta jatketaan, kunnes kairauslaitteiston maksimipuristusvoima saavutetaan, minkä jälkeen kairausta jatketaan heijarikairauksena. Heijarikairausvaiheessa heijaria pudotetaan vakiotaaajuudella. Mikäli heijarivaiheen aikana kaira menee pehmeään maakerrokseen, jatketaan kairausta taas puristinkairauksena. Jos kairattavat kerrokset vaihtuvat tiheästi, ei kairaustyyppiä pidä vaihtaa tulosten tulkittavuuden takia. Kairaus lopetetaan aina heijarikairauksena, joka päättyy kiveen, lohkareseen, kallioon tai haluttuun määräsyyvyteen. (Kairausopas VI, 70-71)

Kairausdiagrammissa (kuva 2) esitetään maanpinnan korko, kairauksen päättymissyvyys ja -tapa, puristusvaiheen kärkivastus, lyöntivaiheen lyöntimäärä 20cm matkalla sekä kairatankojen vääntömomentti. Esimerkkikohteen tutkimuspisteessä 33 maa oli kairauksen perusteella arvioitu hiekaksi, mutta koekuopan perusteella moreenikerros oli paikoin ylempänä, mikä näkyy kairauksessa selvästi kasvaneena lyöntilukuna melko pian täyttökerroksen päättymisen jälkeen. Kairaus päättyi kiveen, lohkareseen tai kallioon. Kuvassa 3 on esitetty puristusvaiheen tyypillisiä kairausvastuksia.



KUVA 2. Puristinheijarikairausdiagrammi esimerkkikohteesta

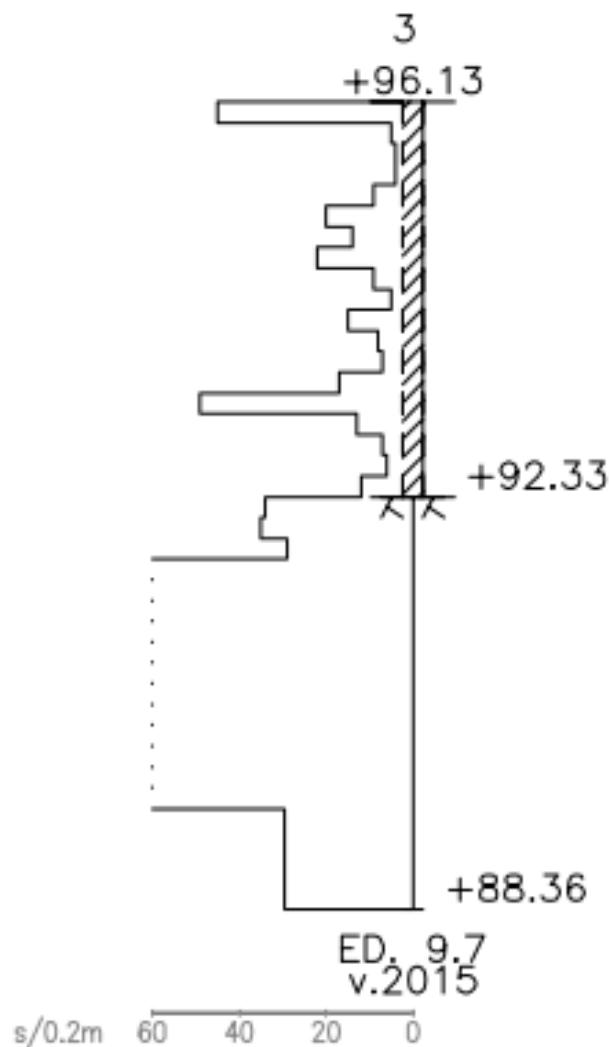


KUVA 3. Eri maalajien aiheuttamat tyypilliset kairausvastukset puristinheijarikairauksen puristusvaiheessa (Melander, 1989).

### Porakonekairaus

Porakonekairaus on kehitetty ensisijaisesti kalliopinnan luotettavaa määrittystä varten, mutta sitä käytetään myös maanäytteiden ottoon ja pohjavesiputkien asennukseen, sekä tiiviin täyttemaakerroksen läpäisyyn muuta kairausmenetelmää varten. Porakonekairaus perustuu puristukseen, pyörytykseen ja iskuun. Lisäksi erona muihin kairauksiin porakonekairauksessa käytetään huuhtelua porakruunun tukkeutumisen estämiseksi. Huuhtelumenetelmänä voidaan käyttää ilma- tai vesihuuhtelua.

Kairauksen tulkinta perustuu kairatankojen tunkeumanopeuden seurantaan, josta voidaan arvioida maakerrosten tiiveyttä ja etenkin kalliopinnan korkotaso. Kalliopinta varmistetaan kairaamalla 3 metriä oletettua kalliopintaa syvemmälle. Kairausdiagrammissa (kuva 4) esitetään tutkimuspisteen tunnus, maanpinnan korko, kairan tunkeumanopeus, varmistettu kalliopinta sekä varmistusporauksen päättymistaso.

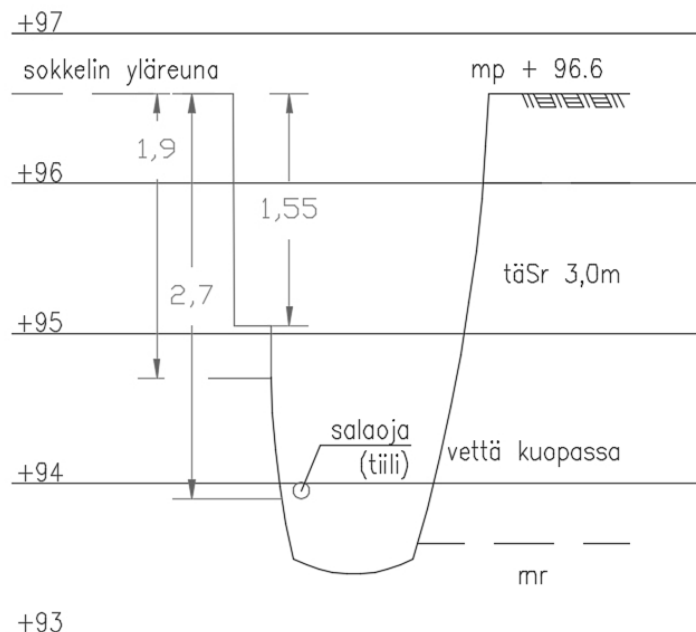


KUVA 4. Porakonekairausdiagrammi esimerkkikohteesta

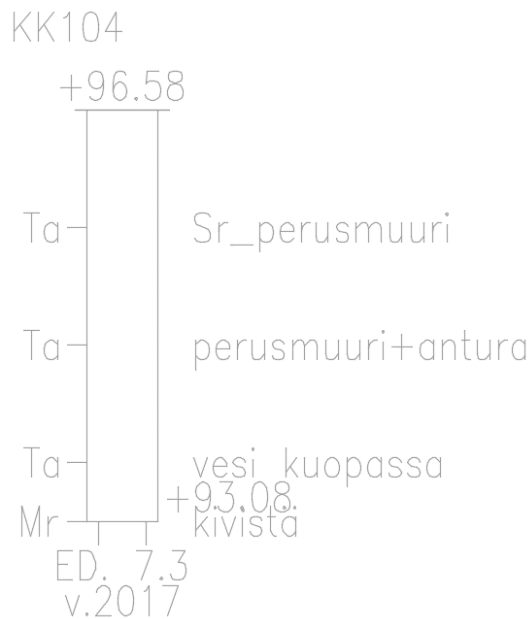
### 3.2.2 Koekuopat

Koekuoppa on maahan kaivettava yleensä halkaisijaltaan muutaman metrin kuoppa, joka kaivetaan kallioon tai määräsivyyteen saakka. Koekuopasta voidaan ottaa maanäytteitä ja sitä voidaan käyttää maalajikerrosten ja olemassa olevien rakenteiden määrittämiseen.

Esimerkkikohteessa koekuoppien teon varsinainen syy oli maaperän pilaantuneisuuden tutkiminen, jota varten kuopista otettiin maanäytteitä. Näytteiden oton yhteydessä kuitenkin myös arvioitiin silmämääräisesti maalajikerroksia ja saatiinkin perustamistavan suunnittelulle arvokasta lisätietoa moreenikerroksen yläpinnan sijainnista. Lisäksi koekuopista löydettiin vanhoja purkamattomia perustusrakenteita, joista ei ollut aiempaa tietoa. Yhdestä vanhoja rakenteita sisältäneestä koekuopasta tehtiin koekuoppakortti (kuva 5), jossa esitetään maanpinnan korkotas, vanhat rakenteet, arvioidut maalajit ja korkeus, jossa pohjavettä tulee kuoppaan. Kaikista koekuopista tehtiin koekuoppadiagrammit (kuva 6), joissa on koekuopan ylä- ja alapintojen korot, maalajiarviot ja yleisiä huomioita esim. vanhoista rakenteista. Koekuoppadiagrammit laitetaan pohjatutkimusleikkauksiin muiden pohjatutkimusten tueksi.



KUVA 5. Koekuoppakortti esimerkkikohteesta



KUVA 6. Koekuoppadiagrammi esimerkkikohteesta

### 3.2.3 Pohjavesiputket

Pohjavedenpinnan korkeutta mitataan pääasiassa havaintoputkista, jotka jaetaan lyhyt- ja pitkäaikaisiin. Lyhytaikainen putki voidaan asentaa ilman työputkea esim. kairausreikään, pitkäaikainen putki asennetaan työputken avulla. Lyhytaikaiset putken toimivat luotettavasti kuukausista vuoteen, kun taas pitkäaikaiset putket toimivat huollettuina useita vuosia.

Esimerkkikohteen alueella on yhteensä neljä toiminnassa olevaa pohjavesiputkea, jotka käytiin lukemassa kesällä 2017 noin kerran kuukaudessa.

## 3.3 Pohjatutkimuksien suunnittelu ja raportointi

### 3.3.1 Alueen vanhat pohjatutkimukset

Pohjatutkimusohjelmaa laatiessa on tärkeää aluksi kerätä kaikki mahdollinen lähtötieto, jota kohteesta on saatavilla. Hyvillä lähtötiedoilla saadaan aikaan tehokkaampi pohjatutkimus, kun tutkimusta osataan ohjata oikeaan suuntaan eikä tutkimuksia tehdä päällekkäin jo aiemmin tehtyjen tutkimusten kanssa. Käytännössä aiemmin tehtyjen

kairausten perusteella arvioidaan maalajeja ja kallionpinnan muotoa, jolloin osataan valita sopivat sijainnit ja kairaustyyppit uusille tutkimuspisteille.

Kohteen alueelle oli tehty aiempia pohjatutkimuksia, joita hyödynnettiin uusien tutkimusten suunnittelussa ja niitä täydentämään.

### **3.3.2 Pohjatutkimusohjelman laatiminen**

Pohjatutkimuskartta (liite 1) piirretään kohteesta tehdyn asemapiirroksen pohjalle. Pohjatutkimuskartassa esitetään tutkittava alue, tutkimuspisteet symbolein, olemassa olevat putkijohdot, sekä mahdolliset muut rakenteet. Pohjatutkimuskartan lisäksi pohjatutkimusohjelmaan kuuluu tutkimuspisteiden koordinaatit taulukkomuodossa, karttamerkintöjen selitteet, sekä ohjetekstiä kairausten suorittamista, maanäytteiden ottamista ja pohjavesiputkien asentamista varten.

Tutkimusohjelman suunnittelu aloitetaan aiempien alueelle tehtyjen pohjatutkimusten tarkastelulla. Maaperä muuttuu hitaasti, joten hyvinkin vanhat pohjatutkimukset voivat olla aivan yhtä paikkaansa pitäviä kuin uudemmatkin. Toisaalta uusiin tutkimustietoihin ei voi luottaa sokeasti, koska maaperä on ihmisen valmistamiin rakennusaineisiin verrattuna hyvin epähomogeenistä.

Uudet tutkimuspisteet sijoitetaan niin, että ne täydentävät jo olemassa olevaa tutkimustietoa mahdollisimman hyvin. Suurin osa kairauksista tehtiin puristin-heijarikairauksena, koska se on monipuolinen kairaustyyppi, jossa yhdistyy puristinkairauksen ja heijarikairauksen ominaisuuksia. Puristin-heijarikairauksella saadaan käsitys maaperän maalajirajoista ja eri maalajikerrosten tiiveydestä. Paikoin tehtiin porakonekairauksia kallionpinnan luotettavaa määritystä varten. Alueelle asennettiin lisäksi yksi uusi pohjavesiputki.

### **3.3.3 Pohjatutkimusraportin sisältö**

Pohjatutkimusraportissa kerrotaan lyhyesti tutkimuskohteen perustiedot, kuten toimeksiantaja, kohteen sijainti ja käyttötarkoitus. Tehdyt tutkimukset selostetaan melko

pintapuolisesti kertoen niiden tyyppi ja tarkoitus sekä käytetyt koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. Raportissa mainitaan myös mahdollisista aikaisemmista tutkimuksista ja alueen aiemmasta käytöstä.

Raportissa kerrotaan tutkittavaa aluetta ympäröivistä rakennuksista, koska ne on otettava huomioon esimerkiksi louhintatöistä johtuvan tärinän ja mahdollisten painumien vuoksi. Alueen ja sen ympäristön pintasuhteet selostetaan sanallisesti, esim. ”Peltokatu on korttelin pohjoisreunalla noin tasolla +100,5 ja laskee korttelin eteläreunan kohdalla noin tasolle +99,0. Korttelin eteläreunaa rajaa Väinölänkatu, jossa maanpinta laskee idästä noin tasolta +98,9 länteen noin tasolle +97,5”.

Raportissa selostetaan myös kohteen pohjasuhteista alueen maalajit, maakerrosten paksuudet ja korkoasemat. Puristin-heijarikairausten päättymissyvyyden ja koekuoppien perusteella voidaan arvioida moreenikerroksen pinta, joka on oleellinen maanvaraista perustamistasoa suunniteltaessa. Porakonekairauksilla voidaan varmistaa kalliopinnan taso.

Pohjavesihavainnot ovat tärkeä osa pohjatutkimuksia, koska pohjavesipinnan korkeus vaikuttaa perustusten ja kuivatuksen suunnitteluun. Pohjaveden korkeutta mitataan monesta pisteestä, esimerkkituotteen alueella oli pohjatutkimusraporttia tehdessä neljä käytössä olevaa pohjavedenmittausputkea. Vanhin putkista on kaupungin omistama ja se on asennettu vuonna 1992, joten mittatietoja oli saatavissa melko pitkältä ajalta.

Pohjatutkimusraportissa annetaan alustava selvitys rakennuksen perustamistavasta sekä arvio tarvittavista massanvaihdosta ja louhinnoista. Raportissa kerrotaan myös alustavaa mitoitusta varten kantavuuslaskelmien lähtötiedoksi tarvittavat maan ominaisarvot.

Routasuojaus, salaojitus ja radonsuojaus käsitellään raportissa lyhyesti RIL 261-2013 ja MaaRYL2010 mukaisten ohjeiden mukaan. Raportissa kerrotaan kaivantojen suunnittelusta perustiedot, kuten voiko kaivannon tai sen osan tehdä luiskattuna, vai onko kaivannon reunat tuettava.

Maaperän pilaantuneisuudesta tehdyt tutkimukset ja tulokset käsitellään pintapuolisesti, koska pilaantuneisuudesta tehdään erillinen raportti. Pilaantuneisuuden seurauksena kaivumassojen hyötykäyttö muissa kohteissa on rajoitettua, mikä mainitaan raportissa.

Pohjatutkimusraportissa ei ole varsinaisia yksityiskohtaisia ohjeita maarakennustöitä varten, vaan siinä on tarkoitus käsitellä tehtyjen pohjatutkimusten tuloksia. Siksi raportissa mainitaan jatkotoimenpiteistä toteutussuunnittelua koskien.

### **3.4 Pohjatutkimuspiirustukset**

#### **3.4.1 Pintavaaitus ja asemapiirros**

Asemapiirros (liite 2) on ensimmäinen kohteesta tehtävä piirros, koska sitä käytetään pohjana kaikille muille tasokuville. Myöhemmin pintavaaitus- ja asemapiirrosta tarvitaan myös rakennuslupaa haettaessa. Asemapiirroksen perustana käytetään ajantasa-  
asemakaavaa. Piirroksessa esitetään kohteen tontti ja lähiympäristö, sekä tontille tulevan rakennuksen rajat. Kun alue on vaaittu, asemapiirrokseen lisätään sen mukaisia korkeuspisteitä- ja käyriä tarpeen mukaan. Piirroksessa on tärkeä säilyttää selkeys, mihin korkeuskäyrien tiheys vaikuttaa paljon.

#### **3.4.2 Pohjatutkimusleikkaukset**

Pohjatutkimusleikkauksien (liite 3) tarkoitus on luoda helposti tulkittava kuva tutkitun alueen pohjasuhteista. Leikkaukset piirretään yleensä mittakaavaan 1:100. Leikkauksessa esitetään pintavaaituksella saatu maanpinta, leikkauslinjalla tai lähellä sitä olevat pohjatutkimukset (kairaukset, pohjavedenhavaintoputket, koekuopat) diagrammeina sekä tulevan rakennuksen rakenneleikkaus tai ääri viivat. Kairaus- ja koekuoppadiagrammien avulla arvioidaan kalliopinta, joka piirretään kuvaan. Piirrokseen voidaan lisätä myös arvioitu moreenin pinta, mikäli tutkimustiedot ovat riittävän luotettavat.

Pohjatutkimusleikkauksessa tärkein tieto rakennuksesta on perustukset ja kerrosten korot. Muun rakennuksen, kuten välipohjien ja -seinien, näkyminen piirroksessa on toissijaista ja voi häiritä esityksen selkeyttä. Leikkauksia käytetään lähtötietona lähes kaikessa pohjarakennesuunnittelussa.



## **4 POHJARAKENNESUUNNITTELU**

### **4.1 Pohjarakennesuunnitelmaraportti**

Ympäristöministeriön asetus määrittää pohjarakenteista laadittavat toteutusasiakirjat, joihin kuuluvat tarvittavassa laajuudessa geotekninen suunnitteluraportti, maa- ja pohjarakenteiden suunnitelmapiirustukset, geotekniset ja rakenteelliset mitoituslaskelmat sekä työselostus. Geoteknisessä suunnitteluraportissa esitetään geoteknisen suunnittelun lähtöoletukset, lähtötiedot, laskentamenetelmät sekä varmuuden ja käyttökelpoisuuden todentamisen tulokset. Lisäksi suunnitteluraportti sisältää pohjatutkimusraportin sekä valvonta- ja seurantasuunnitelman. (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista (465/2014) 8 § Pohjarakenteiden toteutusasiakirjat).

### **4.2 Kaivu-, louhinta- ja tuentasuunnitelma**

Rakennuskaivantojen tarkoitus on luoda tilaa rakennuksille, rakenteille ja rakennustöille. Perustuksien rakentaminen vaatii tilaa ja tontit ovat kaupunkialueella kalliita, minkä vuoksi osa rakennuksista tehdään maan alle. Asuin- ja liikerakennuksissa maan alle yleensä rakennetaan varasto- ja parkkitilaa sekä väestönsuoja.

Kaivannon reunat pyritään tekemään luiskaamalla aina kun mahdollista, mutta usein tilanpuutteen takia kaivanto joudutaan tukemaan tukiseinärakenteella. Kaivannon tukeminen hidastaa rakentamista ja on kalliimpi ratkaisu, mutta tilanpuutteessa välttämätöntä työturvallisuuden säilyttämiseksi. Kaivanto tulee suunnitella niin, että kaivannossa ja sen ulkopuolella tehtäville töille jää riittävästi tilaa.

#### **4.2.1 Lähtötiedot**

##### **Kaivantojen vaativuusluokitus**

RIL:n kaivanto-ohjeen kaivantojen vaativuusluokitus tukeutuu eurokoodijärjestelmään, mutta on siitä erillinen, tarkentava luokitus. Luokituksessa täsmennetään eurokoodin geoteknisen luokan (GL, käsittäen luokat GL1, GL2 ja GL3) ja seuraamusluokan (CC,

käsittäen luokat CC1, CC2 ja CC3) määritelmiä kaivantojen osalta. Kaivantojen vaativuusluokitus ja kaivanto-ohje on tehty siten, että hyvän rakennustavan mukainen kaivanto voidaan toteuttaa tukeutuen pelkästään kaivanto-ohjeeseen. Vastaava pohjarakennesuunnittelija tekee kaivannon vaativuusluokituksen ja määrittää kohteen geoteknisen luokan ja seuraamusluokan kaivannon osalta. Kaivantojen vaativuusluokat ovat tavanomainen, vaativa ja erittäin vaativa. Luokitus määritetään kaivanto-ohjeen taulukon 2.1 avulla (taulukko 1). Suunnittelu- ja työnjohtotehtävät on maankäyttö- ja rakennuslaissa jaettu neljään vaativuusluokkaan, jotka on kaivantojen osalta määritelty kaivanto-ohjeen taulukossa 2.2 (taulukko 2). Vaativuusluokan määrittäminen perustuu vastaavan pohjarakennesuunnittelijan harkintaan. ”Yleisohjeena voidaan pitää sitä, että kun kaivannossa toteutuu vain yksi ”erittäin vaativa/GL3CC3” -luokan kriteeri, vaativuusluokka on vähintään vaativa ja kun ko. luokan kriteereitä täyttyy kaksi tai enemmän, vaativuusluokka on erittäin vaativa.” (RIL 263-2014, 13-15).

## TAULUKKO 1. RIL 263-2014, Taulukko 2.1. Kaivannon vaativuusluokitus

**Taulukko 2.1.** Kaivannon vaativuusluokitus

Luokituskriteerit	Tavanomainen	Vaativa	Erittäin vaativa	
<b>1 Pohjaolosuhteiden vaihtelu</b>		GL1	GL2	GL3
1.1 Maapohjan kerrosrakenteen vaihtelu	pieniä	keskimääräistä	suurta	
1.2 Geoteknisten mitoitusarvojen vaihtelu	pieniä	keskimääräistä	suurta	
1.3 Maapohjan kivisyys, lohkeaisuus ja tiiviys	ei häiritä teräsponttien maahansaattamista	haittaa jossain määrin teräsponttien maahansaattamista	estää teräsponttien maahansaattamisen normaalin menetelmin	
<b>2 Kaivannon syvyys</b>		GL1	GL2	GL3
2.1 Rakennuskaivannon syvyys	$C_u > 25 \text{ kN/m}^2$ $\phi > 32^\circ$ $C_u = 25 \dots 10 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 32 \dots 25^\circ$ $C_u < 10 \text{ kN/m}^2$	< 5m < 4m < 3m	5...10 m 4...8 m 3...6 m	> 10 m > 8 m > 6 m
2.2 Putkikaivannon syvyys	$C_u > 25 \text{ kN/m}^2$ $\phi > 32^\circ$ $C_u = 25 \dots 10 \text{ kN/m}^2$ $\phi = 32 \dots 25^\circ$ $C_u < 10 \text{ kN/m}^2$	< 3m < 2m < 1,5m	3...6 m 2...4 m 1,5...3 m	> 6 m > 4 m > 3 m
2.3 Tukiseinän korkeus, rakennuskaivanto	< 10m	10...15 m	> 15 m	
2.4 Tukiseinän korkeus, putkikaivanto	tukematon/tuentalementit	< 12 m	> 12 m	
2.5 Maapohjan lujuus tukiseinän alapäässä			$C_u < 10 \text{ kN/m}^2$	
<b>3 Pohjavesiolo- ja pohjaveden hallinta</b>		GL1	GL2	GL3
3.1 Pohjaveden virtausyhteys kaivantoon maapohjan kautta	on	on	on	
3.2 Pohjaveden virtausyhteys kaivantoon kallio- ja maapohjan kautta	ei	ei	on	
3.3 Kaivannon pohjan hydraulisen murtuman riski	ei	ei	on	
3.4 Ympäristön pohjavesitasen aleneminen	sallitaan	ei sallita	ei sallita	
3.5 Pohjaveden alennustarve kaivannossa	< 0,5 m kaivun jälkeen	0,5...3 m ennen kaivua	> 3 m ennen kaivua	
3.6 Kaivannon vesitiiviysvaatimus	ei vesitiiviysvaatimusta	osittainen vesitiiviys	hyvä vesitiiviys	
3.7 Tukiseinän alapään kallioiltojen tiivistys	ei tarvetta	kaivun jälkeen kallioinnalta	ennen kaivua maanpinnalta	
3.8 Kallio- ja maapohjan verhoinkohtointi	ei tarvetta	kaivun jälkeen kallioinnalta	ennen kaivua maanpinnalta	
<b>4 Ympäristöolosuhteet ja ympäristövaikutusten hallinta</b>		CC1	CC2	CC3
4.1 Kaivannon vaikutusalueella olevat rakenteet	ei	on	on	
Perustuksia maapohjan muodonmuutoksen riskialueella		paalutus tai kallionvarainen	maanvarainen	
Perustamistapa		vaatii lujitusta- ja/tai tiivistystä	vaatii tuenta (pystykuormien siirtoa) tai jäykkää ja siirtymätöntä tukiseinää	
4.2 Rakenteiden lujitus-, tiivistys- ja tuentaarve	ei tarvetta			
4.3 Louhinnan vaikutus ympäristöön		CC1	CC2	CC3
Louhinnan etäisyys säilytettävästä rakenteesta	> 25 m	25...5 m	< 5 m	
Louhinnan etäisyys tärinäherkistä laitteista	> 50 m	50...15 m	< 15 m	
4.5 Tärinän vaikutuksesta tiivistyvät löyhät kitamaakerrokset	ei	ei	on	
4.6 Rakennuspaikan ahtaus	väljä	ahdas	hyvin ahdas (rakennuksen sisällä, sisäpiha tai vastaava)	
<b>5 Kaivantorakenteisiin kohdistuvia kuormia</b>		GL1	GL2	GL3
5.1 Maanpaine	maanpaine	maanpaine	maanpaine siirtymätöntä rakennetta vastaan	
5.2 Vedenpaine	ei	vedenpaine	vedenpaine	
5.3 Liikennekuormat	ei	tieliikennekuorma tai vastaava	junakuorma tai vastaava	
5.4 Tärinä	tiivistystärinä	paalutus- ja louhintätärinä	paalutus- ja louhintätärinä	
<b>6 Muut kriteerit</b>				
<b>7 Kaivannon vaativuusluokka kokonaisuutena</b>				

## TAULUKKO 2. RIL 263-2014, Taulukko 2.2. Suunnittelutehtävän ja työnjohtotehtävän vaativuusluokat

**Taulukko 2.2.** Suunnittelutehtävän ja työnjohtotehtävän vaativuusluokat.

Kaivannon vaativuusluokka	Suunnittelutehtävän vaativuusluokka MRL 120 d §	Työnjohtotehtävän vaativuusluokka MRL 122 b §
Erittäin vaativa	Erittäin vaativa	Erittäin vaativa
Vaativa	Vaativa	Vaativa
Tavanomainen	Tavanomainen	Tavanomainen
	Vähäinen	Vähäinen

### Pohjatutkimukset

RIL:n kaivanto-ohjeessa on määritelty vaadittavat pohjatutkimukset kaivannon vaativuusluokittain. Jokaisessa vaativuusluokassa tutkimusalueen tulee kattaa varsinaisen kaivantoalueen ulkopuolella alue, josta voi kohdistua kuormituksia kaivantoon, jonne ulkopuoliset ankkurit voivat ulottua tai jonne maapohjan muodonmuutos voi ulottua. (RIL 263-2014, 22).

### Muut lähtötiedot

Pohjatutkimusten lisäksi on selvitettävä mahdollisimman tarkasti ainakin

- viereiset kadut, tiet ja radat
- viereiset rakennukset ja rakenteet (vanhat, suojellut)
- maanalainen tekniikka (viemärit, vesijohdot, kaukolämpö- ja kaasuputkilinjat, kaapelit)
- puretut ja purettavat rakennukset
- tulevat rakennukset
- pakolliset kulkuyhteydet esim. sairaalaan, pelastus- ja poistumistiet.

Kaikki läheiset rakennukset ja rakenteet, yleensä varsinkin tonttia ympäröivät tiet ja kadut, rajaavat tilansaantia niin, että kaivantoa ei pystytä tekemään luiskaamalla. Katuja voidaan osittain sulkea liikenteeltä ja ottaa työmaan käyttöön, mutta pakolliset kulkuyhteydet on aina otettava huomioon. Louhinnasta tai tukiseinän asennuksesta aiheutuva tärinä ja maan painuminen voivat aiheuttaa vaurioita läheisiin rakennuksiin ja rakenteisiin. Tärinää seurataan työmaa-aikaisesti urakoitsijan asennuttamalla tärinämittareilla. Maanalainen tekniikka on useimmiten siirrettävissä, mutta sitä kannattaa välttää suunnitteluvaiheessa rakentamisen aikaisten lisäkulojen ja ajankäytön

vuoksi. Tulevasta rakennuksesta olisi parasta olla perustussuunnitelmat, mutta alustavaa suunnittelua voi tehdä arkkitehdin piirroksien avulla.

#### **4.2.2 Tuenta**

##### **Tuennan syyt**

Yleisin syy kaivannon tuennalle on tilanpuute, joka kytkeytyy yhteen työturvallisuuden kanssa. Myös tämän työn esimerkkikohteessa rakennettavan tontin viereiset kadut rajoittavat luiskaukseen käytössä olevaa tilaa, joten osa kaivannon reunoista on tuettava tukiseinärakenteella, koska liian jyrkät kaivannon reunat ovat tukemattomina epävakaat ja vaaralliset kaivannossa ja sen ulkopuolella oleville. Muita syitä kaivannon tukemiselle ovat mm. pilaantuneiden maiden eristäminen sekä kaivu- ja täyttömassojen vähentäminen.

##### **Tukiseinätyypin valinta**

Tukiseinätyypin valinta perustuu lähinnä kaivannon pohjaolosuhteisiin, ympäristöolosuhteet, tukiseinän käyttötarkoitus sekä eri tukiseinätyyppien ominaisuudet, rakennuskustannukset ja tarvittava rakennusaika. Tavanomaisissa olosuhteissa kaikki tukiseinätyypit ovat yleensä käyttökelpoisia, jolloin tukiseinätyypin valinnassa painottuvat kustannukset ja rakennusaika. Olosuhteiden vaativuuden kasvaessa tukiseinältä vaadittavien ominaisuuksien merkitys kasvaa ja käyttökelpoisten tukiseinätyyppien määrä vähenee. (RIL 263-2014, 45)

Esimerkkikohteen tukiseinätyypiksi valittiin teräsponttiseinä, joka on yleisin tukiseinätyyppi. Teräsponttiseinä on kustannuksiltaan edullisin ja sen rakentaminen ja purkaminen on nopeaa. Osassa tukiseinää joudutaan kuitenkin teräsponttiseinää jatkamaan syvemmälle porapaaluilla, koska teräsponttia ei pysty upottamaan kiviseen maahan.

Teräsponttiseinä koostuu maahan lyömällä tai täryttämällä upotettavista teräsponteista, jotka lukkiintuvat toisiinsa lukkourin muodostaen yhtenäisen seinärakenteen. Teräspontit voidaan asentaa myös limittäin, jolloin seinän jäykkyys pienenee ja seinä on vettäläpäisevä. (RIL 263-2014, 47).

### Tukiseinän mitoituksen perusteet

Tuetut kaivannot mitoitetaan eurokoodin mukaisesti mitoitusavalla 2. Mitoitustapa 2 tarkoittaa käytännössä, että varmuus kohdennetaan kuormiin tai kuormien vaikutukseen ja kestävyys. Maaparametrit ovat laskennassa ominaisarvoja. Kuormia ovat esimerkiksi aktiivinen maanpaine, vedenpaine ja ulkoiset kuormat. Passiivimaanpaine käsitellään kestävyysnä. (RIL 263-2014, 99)

Mitoitustavasta 2 on kaksi eri versiota, DA2 ja DA2\*. Mitoitustavassa DA2 osavarmuuslukuja käytetään lähtöarvoihin, tavassa DA2\* laskenta tehdään ominaisarvoilla ja osavarmuuslukuja käytetään saatuihin tukivoimiin. Tukiseinämitoituksessa on käytettävä pääasiassa mitoitusavaa DA2\*, jolla saadut siirtymät ovat todenmukaisempia. (RIL 263-2014, 99-100)

Kuormien osavarmuusluvut määräytyvät luotettavuusluokan RC mukaan. Kuormakerroin  $K_{FI} = 1,0$  luotettavuusluokassa RC2 ja luotettavuusluokassa RC3  $K_{FI} = 1,0$ . Kaivantosuunnittelussa ei käytetä luotettavuusluokkaa RC1. Osavarmuusluvut esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. RIL 263-2014, Taulukko 6. Kuormien tai kuorman vaikutusten osavarmuusluvut tukiseinämitoituksessa

<b>Pysyvä kuorma (<math>\gamma_G</math>)</b>	
Epäedullinen	1,35 $K_{FI}$
(Yhtälö EN 1990 6.10 a)	1,15 $K_{FI}$
(Yhtälö EN 1990 6.10 b)	0,9 $K_{FI}$
Edullinen	
<b>Muuttuva kuorma (<math>\gamma_Q</math>)</b>	
Epäedullinen	1,5 $K_{FI}$
Edullinen	0

Kuormien yhdistelmänä käytetään epäedullisempaa kahdesta seuraavasta lausekkeesta (RIL 263-2014, 101)

$$1,15K_{FI} G_{kj,sup} + 0,9G_{kj,inf} + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i < 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (\text{EN 1990 6.10b})$$

$$1,35K_{FI} G_{kj,sup} + 0,9G_{kj,inf} \quad (\text{EN 1990 6.10a})$$

$G_{kj,sup}$  kaatavien pysyvien kuormien/vaikutusten ominaisarvo

$G_{kj,inf}$  vakauttavien pysyvien kuormien/vaikutusten ominaisarvo

$G_{k,i}$  kaatavan muuttuvan kuorman/vaikutuksen ominaisarvo

Eurokoodin mukaiset tukirakenteiden osavarmuusluvut ovat tilapäiselle ankkurille 1,25 ja pysyväälle ankkurille 1,5. Tukirakenteiden kestävyys osavarmuusluvut ovat kantokestävyydelle 1,55, liukumiskestävyydelle 1,1 ja maan kestävyydelle 1,5. (RIL 263-2014, 101)

Esimerkkikohteen tukiseinät mitoitettiin eurokoodin mukaan käyttäen Fulgeo ja GeoCalc mitoitushjelmia. Laskelmia ei esitetä tässä opinnäytetyöraportissa.

#### **4.2.3 Kaivantosuunnitelman sisältö**

Kaivantosuunnitelman tulee kattaa kaikki kaivannon rakentamisessa tarvittavat suunnitelmat, joihin kuuluvat pohjatutkimusraportti, geotekninen suunnitteluraportti ja kaivannon rakennussuunnitelmat. (RIL 263-2014, 146) Pohjatutkimusraportti ja geotekninen suunnitteluraportti on käsitelty jo erikseen, joten keskitytään tässä kaivannon rakennussuunnitelmiin.

##### **Kaivannon rakennussuunnitelmat**

Kaivannon rakennussuunnitelmiin kuuluu työselostus, pohjarakennuspiirustukset ja mahdollisesti muita suunnitelmia, kuten kaivannon kuivanapitosuunnitelma, kaivannon tiivistyssuunnitelma, pohjaveden hallintasuunnitelma tai kaivannon ja ympäristön tarkkailusuunnitelma. (RIL 263-2014, 145). Koska esimerkkikohteen suunnitelmat tehtiin urakkalaskentaa varten, työselostus ei ollut vielä tarpeellinen. Kohteen kaivannon rakennussuunnitelmiin sisältyy pohjarakennuspiirustukset ja suunnitelma rakentamisen aikaisten hulevesien käsittelystä.

##### **Kaivannon pohjarakennuspiirustukset**

Kaivannosta tehdään yleispiirustus (liite 4) asemapiirroksen pohjalle, sekä tukiseinien pituusleikkaukset (liite 5) ja poikkileikkaukset (liite 6), joiden pohjana käytetään pohjatutkimusleikkauksia. Yleispiirustus on tasopiirustus, josta selviää kaivannon rakenne pääpiirteittäin sekä alueen nykyiset pintasuhteet.

Tukiseinäleikkauksia käytetään lähtötietona tukiseinämitoitukseen ja urakkalaskentaan, sekä myöhemmin tukiseinien rakentamisen aikana työpiirustuksina.

Yleispiirroksessa esitetään mm:

- kaivannon koko, sijainti ja yleiskaivutasot
- tulevan rakenteen ääri viivat
- nykyisen maanpinnan korkeuskäyrät
- louhittavien alueiden louhintatasot sekä arvioitun kallionpinnan korkeuskäyrät
- luiskat
- tukiseinien sijainti, mitat ja tyyppi
- tukiseinäleikkausten leikkausviivat.

Tukiseinän poikkileikkauksessa esitetään mm:

- Mitattu maanpinta ja arvioitu kalliopinta
- alueelta tehty kairaukset
- tulevat perustukset ja rakennuksen ääri viivat
- kaivu- ja louhintatasot
- tukiseinän tyyppi, mitat ja sijainti
- tukiseinän ankkurointi, ankkurien korkoasema ja ankkurin mitoitusvoimat
- muut tukiseinän rakenteet, kuten vaakapalkit
- mahdolliset luiskaukset

Tukiseinän pituusleikkaukset täydentävät poikkileikkauksia niin, että tukiseinän suunniteltu alapinnan taso ja sen vaihtelu selviävät tarkemmin, pituusleikkauksesta voi laskea ankkurien määrän ja arvion tukiseinän pinta-alasta. Kun tukiseinät on asennettu, leikkaukseen päivitetään toteutunut tukiseinän alapinnan taso teräspontin tai -paalun tarkkuudella.

### **Kaivannon kuivanapitosuunnitelma**

Rakentamisen aikaisesta hulevesien käsittelystä laadittava suunnitelma (liite 7) kuuluu kaivantosuunnitelmaan. Se on kaivannon yleispiirustuksen pohjalle tehtävä yksinkertainen periaatepiirustus, johon merkitään selkeytysaltaiden ja pumppaamojen paikat ja lisäksi nuolilla osoitetaan hulevesien virtaussuunnat.

### **4.3 Pintatasaussuunnitelma**

Mikäli tontilla on selviä korkeuseroja, rakennuslupahakemuksen liitteeksi vaaditaan pintatasaussuunnitelma (liite 8). Pintatasaussuunnitelman tarkoitus on määrittää tontin ja sen ympäristön hulevesien hallintaa varten tarvittavat pinnanmuodot.

Suunnitelmaa varten tarvitaan suunnittelualueetta ympäröivien katujen ja tulevan rakennuksen ja pihan sijainti ja korot. Suunnittelussa pyritään siihen, että maanpinnan kallistuksien avulla hulevedet ohjataan sadevesikaivoihin, eikä vesi jää lätäköinä maan pinnalle. Pintatasaussuunnitelma tehdään asemapiirroksen pohjalle, johon lisätään hulevesikaivot korkoineen ja piirretään korkeuskäyrin maanpinnan nykyiset ja suunnitellut kallistukset.

### **4.4 Salaojasuunnitelma**

Esimerkkikohteen alueella pohjavesi on niin korkealla, että rakennuksen alapohja olisi paikoin noin pohjavedenpinnan tasolla, mikäli sittä ei salaojituksella laskettaisi. Osa perustuksista jää pohjavedenpinnan alapuolelle, koska pohjavettä ei saa laskea liian alas. Pohjaveden liiallinen laskeminen voisi mahdollisesti aiheuttaa painumia ympäröiviin rakennuksiin.

Salaojasuunnitelma (liite 9) on tasopiirustus, jossa näytetään tuleva rakennus ja sen perustukset, salaojaputket ja -kaivot sekä pohjavesipumppaamot. Samassa piirustuksessa voidaan, kuten esimerkkikohteessa, näyttää myös radoninpoistoputkitus. Lisäksi piirustuksessa on selittävää tekstiä Salaojien ja kaivojen tyypistä ja asennuksesta. Salaojasuunnitelma tehdään RIL 126-2009 ja RIL 123-1979 mukaisesti.



## 5 POHDINTA

Opinnäytetyössä perehdyttiin pohjarakennesuunnitteluun käytännön suunnitteluprojektin kautta, minkä lisäksi käytiin läpi suunnittelun lähtökohtia ja suunnitelmien sisältöä teoreettisesti ohjeiden ja määräysten kautta. Opinnäytetyön tuloksena saatiin laadittua tarvittavat pohjarakennesuunnitelmat monikerroksisen toimistotalon urakkalaskentaa varten. Näitä suunnitelmia pystytään käyttämään myöhemmin kohteen rakennusvaiheessa päivitettyinä ja tarkennettuina senhetkisten lähtötietojen perusteella.

Heti suunnitteluprojektin alussa selvisi, että pohjarakennesuunnitteluun vaaditaan paljon lähtötietoja. Rakennusmateriaalina maaperä on hyvin erilainen kuin ihmisen valmistamat homogeeniset ja hyvin tunnetut materiaalit kuten teräs ja betoni. Maaperän laatu ja mitoitusta varten tarvittavat lujuusarvot on selvitettävä aina kohdekohtaisesti pohjatutkimuksin, ja jo pohjatutkimuksien suunnittelua varten on otettava selvää mm. alueen nykyisistä rakenteista, putkista ja johdoista, jotta niitä ei rikota kairauksilla.

Koska maa on epähomogeenistä ja sen ominaisuuksia on hankala määrittää tarkasti, iso osa suunnittelusta perustuu suunnittelijan kokemusperäiseen arviointiin, jota tietenkin tukevat erilaiset ohjeet. Kokemus ja hyvä pohjatutkimusten tulkintataito ovat tärkeitä sekä uusia pohjatutkimuksia suunnitellessa, että maalajeja ja maan lujuusarvoja määritettäessä. Pohjatutkimuksien kaltaisia lähtötietoja ei saa myöskään lukea liian tarkasti, koska niissä on aina epätarkkuuksia. Työmaalla käyminen on tärkeää kokonaiskuvan hahmottamiseksi.

## LÄHTEET

L 5.2.1999/132. Maankäyttö- ja rakennuslaki.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2017. RIL 207-2017 Geotekninen suunnittelu. 1. painos. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014. RIL 263-2014 Kaivanto-ohje. 2. painos. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen standardisoimisliitto SFS-EN 1991-1 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 1: Yleiset säännöt

Suomen standardisoimisliitto SFS-EN 1991-1 Eurokoodi 7: Geotekninen suunnittelu. Osa 2: Pohjatutkimus ja koestus

Rakennustietosäätiö RTS. MaaRYL 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen maatyöt. 1. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriö. 2016. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Pohjarakenteiden suunnittelu. Ympäristöministeriö

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. 1987. Kairausopas IV. Pohjavedenpinnan ja huokosvedenpaineen mittaaminen. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.

Suomen geoteknillinen yhdistys ry. 1986. Kairausopas V. Porakonekairaus. Helsinki: Rakentajain Kustannus Oy.

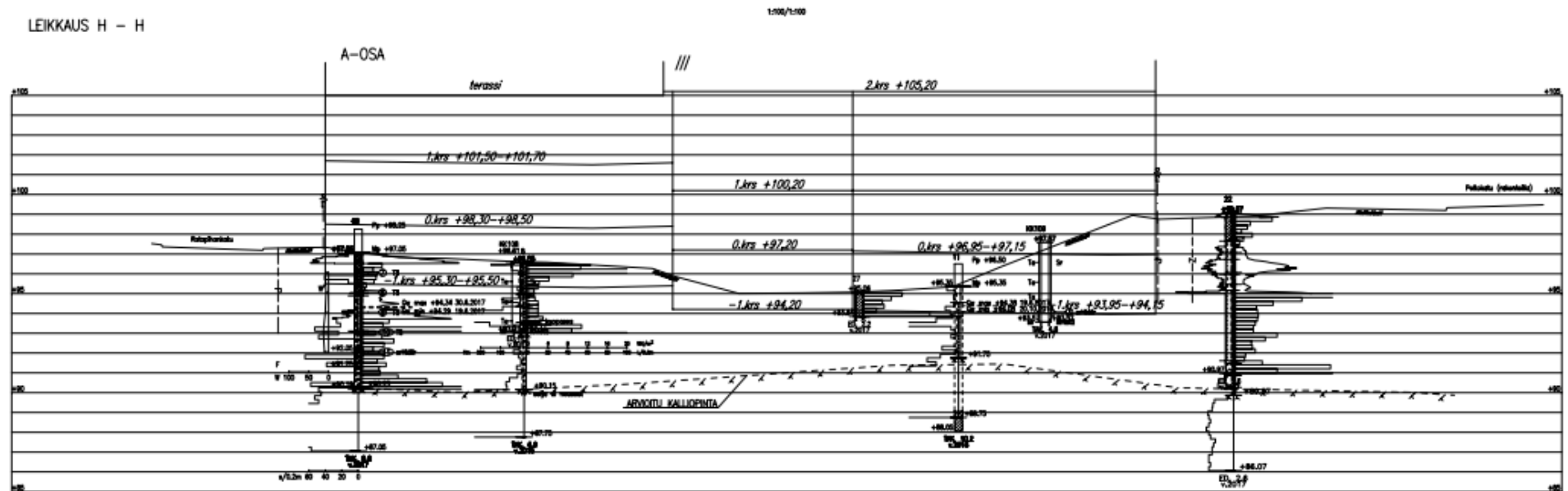
Suomen geoteknillinen yhdistys ry. 2001. 1. painos. Kairausopas VI. CPTU/puristinkairaus, puristinheijarikairaus. Suomen geoteknillinen yhdistys ry.



### Liite 3. Pintavaaitus ja asemapiirros



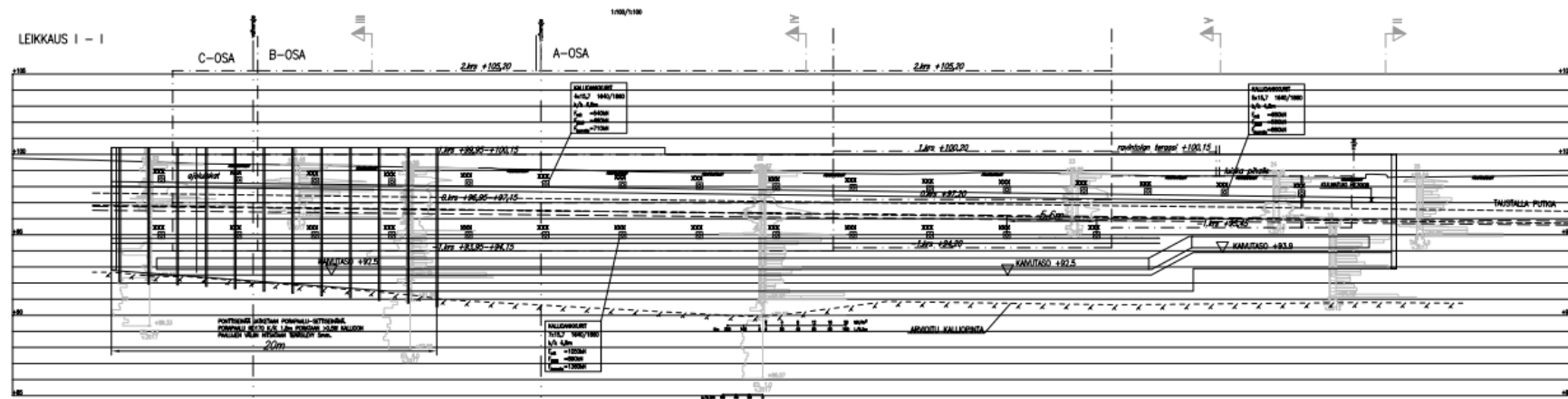
## Liite 2. Pohjatutkimusleikkaus



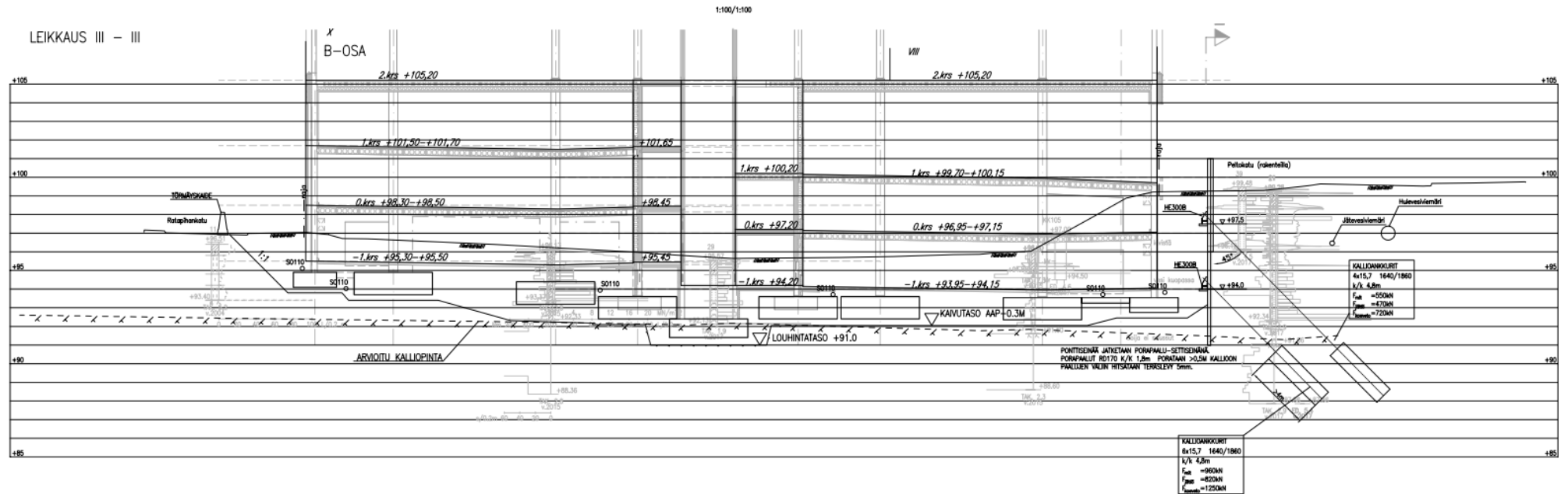




## Liite 5. Tukiseinän pituusleikkaus

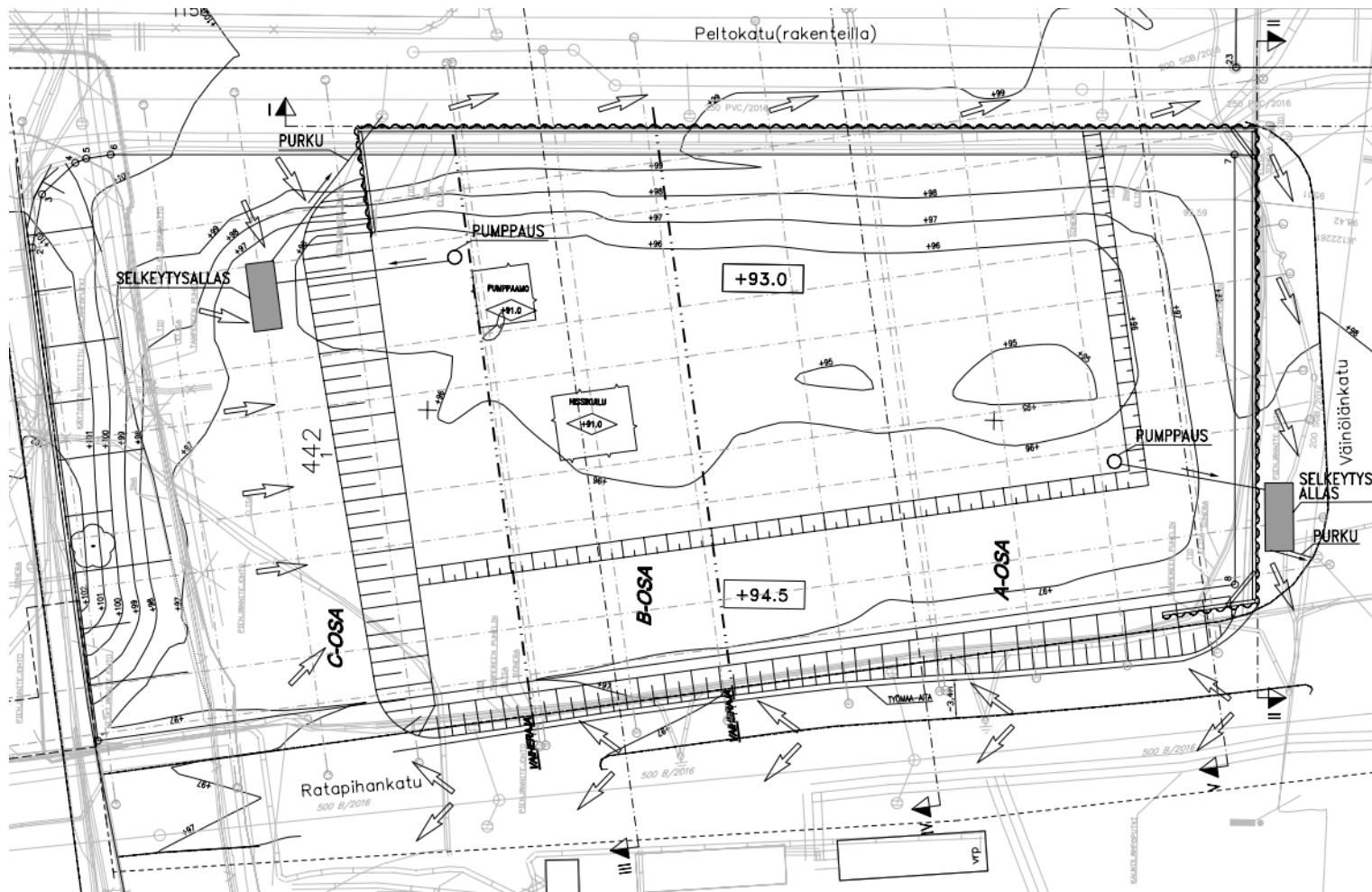


## Liite 6. Tukiseinän poikkileikkaus

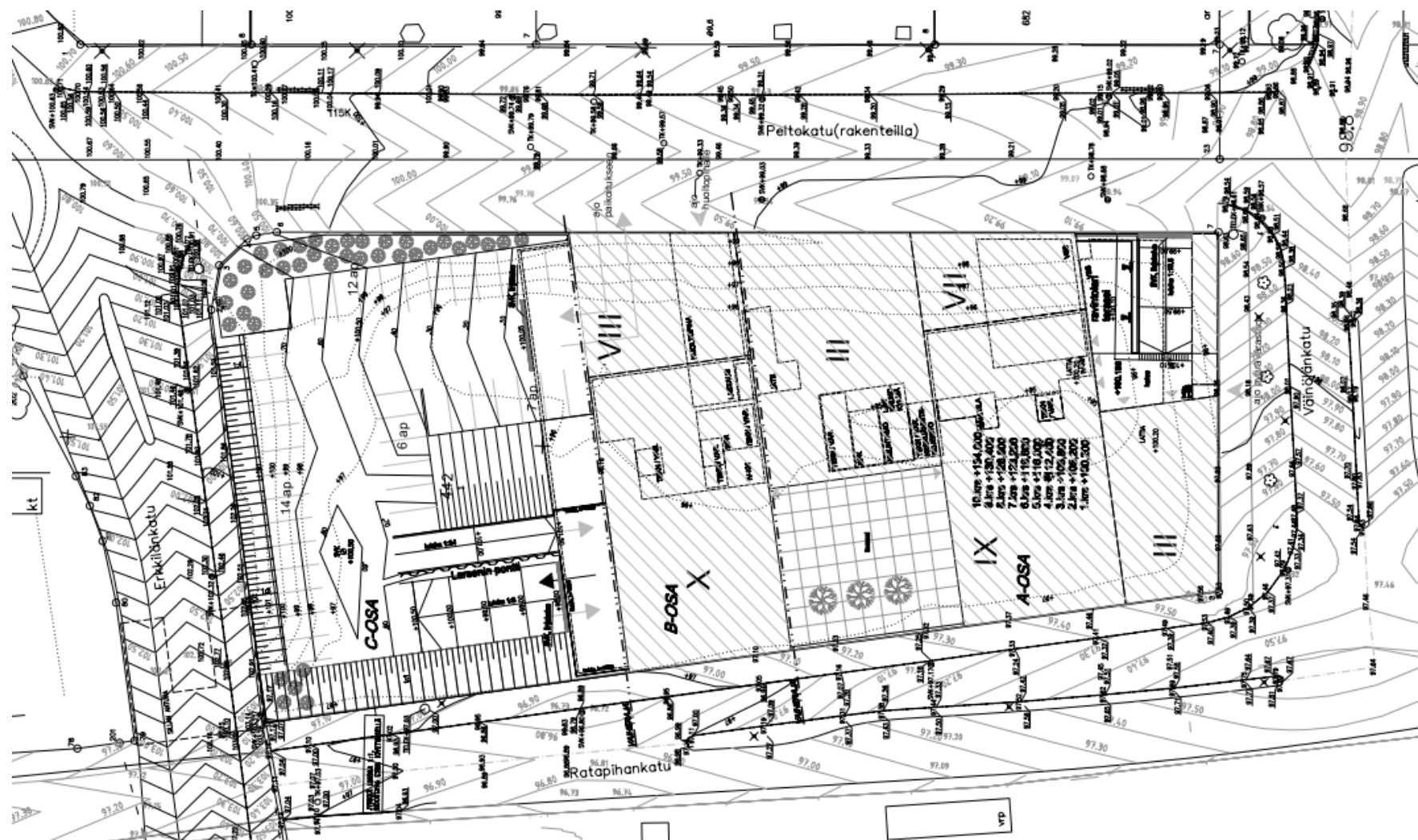




Liite 7. Rakentamisen aikaiset hulevedet



Liite 8. Pintatasausuunnitelma



## Liite 9. Salaojasuunnitelma

